Die entstehung der steinkohle und verwandter bildungen ...

Henry Potonié

Digitized by Google

Die

Entstehung der Steinkohle

und verwandter Bildungen
einschliesslich des Petroleums

von

H. Potonié

Digitized by Google

Die

Entstehung der Steinkohle

und verwandter Bildungen einschliesslich des Petroleums

von

H. Potonié,

Dr. phil., Kgl. Preussischem Landesgeologen, Professor an der Kgl. Bergakademie und Privat-Dozenten an der Universität zu Berlin

Vierte verbesserte und erweiterte Auflage

Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger

SW 11 Dessauer Strasse 29

1907

Digitized by Google

Die ersten drei Auflagen erschienen 1905 und wurden wesentlich von der Internationalen Bohrgesellschaft (Erkelenz) für die Weltausstellung in Lüttich verbraucht: die von der Gesellschaft dort zur Verteilung gebrachte Schrift war auf ihre Veranlassung entstanden. In französischer Sprache habe ich über den Gegenstand berichtet in den „Publications du Congrès intern. des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées" (Liège 1905). Der folgende Text ist gegenüber dem früheren verbessert und erweitert worden. Ausführliches biete ich in meinen Werken: „Die rezenten Kaustobiolithe" (Königl. Preuss. Geolog. Landesanstalt Berlin 1907) und „Die Entstehung der Steinkohle und der fossilen Kaustobiolithe überhaupt" (Gebrüder Borntraeger in Berlin), ein Werk, das ich seit langem unter der Feder habe, aber hoffentlich bald veröffentlichen kann.

Gedanken über die Entstehung der natürlichen Kohlen sind seit langem immer wieder der Öffentlichkeit unterbreitet worden. Ganz ausserordentlich überwiegend stützen sich diese Äusserungen auf blosse einzelne Tatsachen, die den Autoren gerade aufgefallen waren, ohne dass sie weitere kritische Umschau gehalten hätten. Auch auf unserem Gebiete ist aber, wie überall, wo es sich um naturwissenschaftliche Probleme handelt, nicht nebenbei, sondern nur durch konzentriertes Studium das der Natur entsprechende Resultat zu erreichen. Wer das Gebiet nicht nur dilettantenhaft, sondern eingehend und wissenschaftlich pflegt, sieht bald die Schwierigkeiten desselben, insbesondere durch den Umstand ge-

Digitized by Google

geben, dass in erster Linie drei wichtige Disziplinen schwerwiegend mitzureden haben: die Geologie, die Chemie und die Botanik. So ist denn schon hieraus ersichtlich, dass unser Gegenstand ein sehr weitschichtiger, umfangreicher ist.

Früher glaubte man, die Steinkohle sei ein Mineral in dem Sinne etwa wie Quarz, Feldspat, Glimmer und dergleichen, also auch ebenso entstanden. Die Steinkohle sollte nämlich durch Verdichtung des Kohlendioxyds der Luft, wie man sich etwa ausdrückte, hervorgegangen sein. Sehr bald sind dann aber Anschauungen aufgetreten, die den heutigen entsprechen, nach denen die Steinkohlenlager Zersetzungsprodukte von Pflanzen sind.

Einen hinreichenden wissenschaftlichen Nachweis dafür, dass die Steinkohlenlager Produkte früherer Vegetationen sind, hat besonders Heinrich Friedrich Link 1838 erbracht, indem er durch

Fig. 1. Mikroskopische Ansicht von Holzresten aus oberschlesischer Steinkohle. (Nach Link.)

mikroskopische Untersuchungen feststellte, dass die Steinkohle im Prinzip ebenso zusammengesetzt ist wie der Torf, insofern, als es sich bei beiden um eine mehr oder minder homogene Grundmasse handelt, in der figurierte Partikelchen eingebettet liegen, die sich als von pflanzlicher Herkunft erweisen. (Fig. 1.) Man findet deshalb in der Kohle selbst Abdrücke und dergleichen von Pflanzenresten, besonders deutlich aber im unmittelbar Hangenden der Kohlenlager, und zwar in der Weise, wie wir heute die Pflanzen etwa in einem Herbarium ausgebreitet sehen, so dass also die Annahme eines weiten Transports ohne weiteres ausgeschlossen ist und es überhaupt den Eindruck macht, als seien die Objekte an Ort und Stelle eingebettet worden. Dann kommt aber noch hinzu, dass man sehr häufig echt-verkohlte Teile, wie Holzkohle, in der Steinkohle findet. Fossile, in Steinkohle oder in sonst einer Kohlenart vorkommende Holzkohle, unter das Mikroskop getan, gibt sofort ohne weiteres und ohne besondere Präparation die pflanzlichen

Digitized by Google

Zellen zu erkennen genau in derselben Weise und in derselben Form wie etwa Holzkohle eines Streichholzes. In der Holzkohle der Steinkohle handelt es sich um Holzteile vom Gymnospermentypus, also von höheren Pflanzen. Die Steinkohlen sind demnach ein fest gewordenes fossiles Humusprodukt, und zwar ganz überwiegend entstanden aus höheren Pflanzen. (Fig. 2.)

Unter Humus sind ganz generell die bei der Zersetzung von Sumpf- und Landpflanzen zurückbleibenden festen (bzw. flüssigen

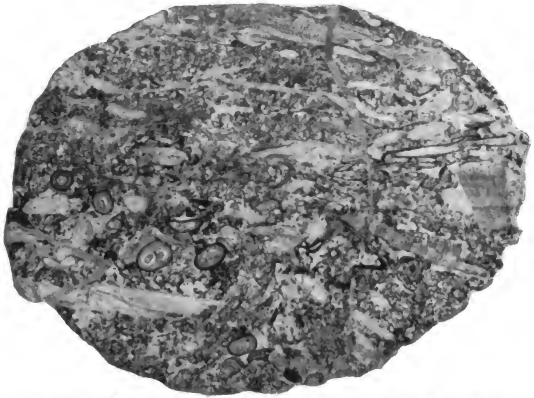

Fig. 2. Schliff durch ein echt-versteinertes (dolomitisiertes) Stückchen Steinkohle (Dolomitknolle) aus Westfalen. In etwa 3:1 der natürlichen Grösse.

oder gelösten), kohlenstoffhaltigen, brennbaren Bestandteile zu verstehen.

Dass es sich in den echten Steinkohlen ganz überwiegend und sogar fast ausschliesslich um Residua höherer Pflanzen handelt, muss ganz nachdrücklich betont werden, weil u. a. heute noch immer die Tangtheorie spukt, die besonders Friedrich Mohr im Jahre 1866 aufgebracht hat, trotzdem doch der Nachweis, dass es sich in den noch figuriert erhaltenen Bestandteilen der Steinkohle um Reste von hoch entwickelten Pflanzen handelt, für den Botaniker jederzeit leicht zu erbringen ist. (Fig. 1 u. 2.)

Digitized by Google

Wie sind nun die Anhäufungen, als welche uns jetzt die Steinkohlenlager entgegentreten, entstanden? — Link sagt, dass zu seiner Zeit zwei Theorien sehr verbreitet gewesen seien:

1. Die Theorie, die da annahm, dass es sich um Anschwemmung von pflanzlichen Produkten handele, — die Anschwemmungs-(Transport-)theorie, welche später, im Jahre 1883, von Gümbel in München als Allochthonie bezeichnet wurde, — und

2. die Entstehung wie Moortorf, d. h. die Entstehung des Materials aus den Pflanzen, die an Ort und Stelle gewachsen sind, wo wir jetzt als Steinkohlen ihre Produkte finden; also die Torftheorie, die Gümbel dann als Autochthonie bezeichnet hat.

Kurz ausgedrückt, die Steinkohlenlager sind entweder bodenfremd (= allochthon) oder bodeneigen (= autochthon).

Ehe wir jedoch die Gründe für das eine oder andere erwägen, müssen wir uns eine Vorstellung über die Zersetzungsprozesse bilden, die mit den Organismen oder ihren Teilen nach ihrem Absterben vor sich gehen.

Wir unterscheiden Verwesung, Vermoderung, Vertorfung und Fäulnis.

Verwesung ist die Zersetzung organischen Materials, bei der nichts Festes zurückbleibt, also keine festen, kohlenstoffhaltigen Verbindungen, keine Produkte, die irgendwie ein Kohlenlager zu bilden imstande wären: eine Zersetzung, bei der also alles in gasförmige und nichts in dauernde kohlenstoffhaltige, flüssige oder feste brennbar bleibende Produkte übergeht; es entsteht vielmehr Kohlendioxyd, Wasser usw.

Vermoderung ist die Zersetzung unter nicht hinreichendem Sauerstoffzutritt, so dass eine vollständige Zerlegung zu Wasser, Kohlendioxyd usw. nicht stattfinden kann, sondern so, dass immerhin ein geringer, kohlenstoffhaltiger, fester Rest zurückbleibt. Die festen Humusprodukte, die unter nicht genügendem Sauerstoffzuflusse zurückbleiben, sind Moder.

Vertorfung ist die Zersetzung der organischen Bestandteile zunächst in derselben Weise, wie bei der Bildung des Moders, also unter Zutritt von Sauerstoff, aber doch nicht dauernd unter genügendem Zutritte dieses Elements, so dass also ein zum Moder hinneigendes Produkt aus dem Material hervorgeht. Da nun aber in den Mooren, die gerade dem Vertorfungsprozesse unterliegen, das Pflanzenwachstum so fortschreitet, dass eine Aufhäufung von Humus (Torf) dadurch stattfindet, dass die neuen Pflanzengenerationen immer auf den in Zersetzung begriffenen Teilen ihrer Vorfahren emporspriessen, so wird dadurch ein immer weitergehender Abschluss für die in Zersetzung begriffenen Bestandteile erreicht und schliesslich ein

Digitized by Google

völliger Luftabschluss, und das ist die Hauptbedingung für den vierten Prozess, den wir zu unterscheiden haben, nämlich den Prozess der Fäulnis. Es ist für uns gleichgültig, ob für andere Zwecke der Begriff der Fäulnis besser anders zu definieren sein würde, wir wollen — im Anschluss an Liebig — als Fäulnis die Zersetzung organischen Materials unter völligem Luftabschlusse verstehen.

In der Wirklichkeit sind die genannten Prozesse fast niemals völlig rein vorhanden, sondern gehen ineinander über und durchkreuzen sich.

Bei der Vermoderung und Vertorfung findet eine Anreicherung an Kohlenstoff statt, wir erhalten Produkte, deren fortschreitende Zersetzung die „Inkohlung" ist, während bei der oben schon erwähnten Verkohlung das Element Kohlenstoff entsteht, und zwar kämen als Ursachen für die Bildung von Kohlenstoff (Holzkohle usw.) in der freien Natur in Betracht 1. die Dehydratisierung etwa durch Schwefelsäure, 2. die Selbstentzündung und 3. das Anbrennen organischer Substanz etwa veranlasst durch Blitzschlag. Eine Art Gegensatz zu der Verkohlung bildet die Inkohlung, die langsame Selbstzersetzung, wobei feste Kohlenwasserstoffverbindungen entstehen, aber kein Kohlenstoff zurückbleibt. Steinkohle ist also kein Kohlenstoff, abgesehen von den etwaigen untergeordnet vertretenen Holzkohlenteilen, sondern ein Gemenge fester Kohlenwasserstoffverbindungen. Die pflanzlichen Produkte, die der Inkohlung entgegengehen, sind wesentlich Kohlenhydrate. Es soll damit gesagt sein, dass auch die ursprüngliche chemische Beschaffenheit des der Inkohlung anheimfallenden Materials mit in Betracht kommt. Denn handelt es sich um Tiere und echte Wasserpflanzen, unter diesen z. B. um ölführende Algen, die sich in chemischer Hinsicht wegen ihres starken Fettgehaltes den Tieren nähern, so wird durch die Fäulnis nicht ein so ausgesprochener Inkohlungsvorgang eingeleitet, sondern es findet eine Bituminierung statt, wie ich im Gegensatze zur Inkohlung die stärkere Erzielung von Produkten (Bitumina) nenne, die wasserstoffreicher sind als die echten Kohlen. Zur reichen Bitumenbildung führende Materialien werden in erster Linie in stagnierenden und halbstagnierenden Gewässern abgesetzt, weil diese dem Fäulnisprozesse günstig sind, und zwar handelt es sich um Überbleibsel der im Wasser lebenden Organismen und ihrer Exkremente, die zusammen einen Schlamm, den Faulschlamm (das Sapropel, vom Griechischen sapros = faul und pelos = Schlamm) bilden. (Fig. 3.)

Es ist bemerkenswert für das Sapropel, dass die einzelnen Bestandteile sich oft darin ausserordentlich gut konservieren; man

Digitized by Google

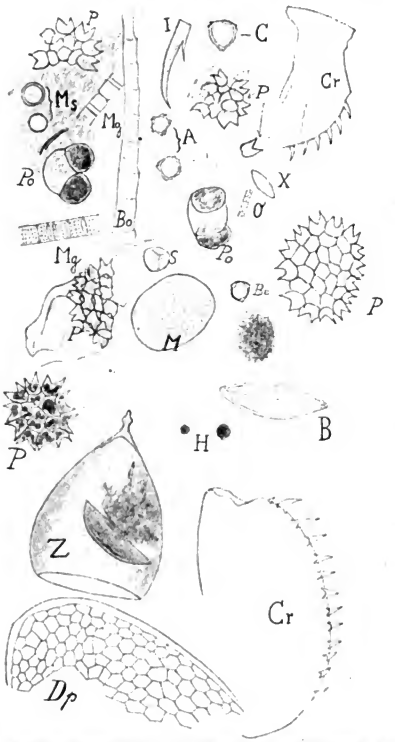

Fig. 3. Figurierte Bestandteile eines Sapropels aus Pommern (Ahlbecker Seegrund bei Ludwigshof) in $\frac{220}{1}$. Algen: B, Ms, Mg Diatomeen, P Pediastrum, O Oscillaria? — Drift-Materialien: X, M, Po (Pinus-Pollen), C (Corylus-Pollen), A (Alnus-Pollen), Be (Betula-Pollen). — Tiere: Bo Bosmina-Antenne, Dp Daphniden-Haut, Cr u. I ebenfalls Crustaceen-Reste, Z Ei der Wasserwanze (Corixa).

Digitized by Google

könnte vergleichsweise von einer Erhaltung wie in einer Konservenbüchse sprechen.

Wenn man altes Sapropel unter dem Mikroskop betrachtet, so kann man unter den figurierten Bestandteilen solche finden, die man für lebend halten möchte, auch wenn viele Jahrtausende seit der Entstehung eines Sapropels verstrichen sein mögen. Diese Eigentümlichkeit hat seinerzeit Ehrenberg verführt, zu glauben, dass die Kieselalgen (Diatomeen), die er in einem Sapropelgesteine (in Sapropelkalk) im Untergrunde Berlins fand, noch lebten; er sagt: es sei der Gedanke zwar weitliegend, anzunehmen, dass Berlin zum Teil auf lebenden Wesen aufgebaut sei, aber jeder Biologe werde zugeben, dass kein anderer Schluss übrig bleibe. Es sei erwähnt, dass Chlorophyll in altem Sapropel sich noch erhalten zeigen kann; man kann unter dem Mikroskop oft die Chlorophyllkörper (jene gefärbten Körper, welche die grüne Farbe der Pflanzen bedingen) erkennen, und doch ist Chlorophyll bei Lichteinfluss eine sehr leicht zersetzliche Verbindung. Im Gegensatze zu angeschwemmten Sanden, Tonen u. dgl. (allochthone Sedimentierung) wird man die Sapropelbildung eine autochthone Sedimentierung nennen. Es ist das Sapropel eine autochthone Bildung, wie, von untergeordneten Ausnahmen abgesehen, der Torf und der Moder.

Ein besonderes Interesse gewinnen die Sapropelgesteine dadurch, dass sie die Muttergesteine der Petrolea sind.

Es wurde schon angedeutet, dass die bei der Vertorfung und die bei der unter Wasser stattfindenden blossen Fäulnis entstehenden Produkte in ihren chemischen Eigentümlichkeiten nicht allein von der Verschiedenheit der Prozesse abhängig sind, sondern wesentlich auch von der ursprünglichen chemischen Beschaffenheit der Organismen: sind es doch wesentlich Sumpfpflanzen, die, abgesehen von den Wurzeln und unterirdischen Organen, an der Luft leben, welche den Torf bilden, und andererseits wesentlich echte Wasserorganismen — und hierbei spielen die Kleinorganismen des Plankton eine hervorragende Rolle —, welche das Sapropel bilden.

Es sind alltägliche und ständig zusammenwirkende Umstände, die hinreichende Mengen von Sapropel schaffen, um die Mengen des vorhandenen Petroleums zu erklären, die unter leicht in der Erdrinde gegebenen Umständen (Druck und Wärme) als Destillationsprodukt aus dem Sapropel entstehen. Es ist bemerkenswert, dass sowohl Tiere, als auch Pflanzen (unter diesen in hervorragender Weise die im Sapropel stark vertretenen Ölalgen) Ausgangsmaterialien für Petroleumbildung enthalten, so dass, ebenso wie aus tierischen Fetten, auch aus dem Öle der ölführenden Algen

Digitized by Google

künstlich auf demselben Wege (durch Druck-Destillation) Petroleum hergestellt werden kann.

Das so häufige Zusammenauftreten von Petroleum mit Salz ist aus den Stellen auf der Erde verständlich, wo die Muttergesteine der Petrolea, die Sapropelgesteine, hauptsächlich und in grösseren Massen gebildet werden: das sind diejenigen Flachküsten der Meere, auch diejenigen abflussloser Gebiete (man denke an das Kaspische Meer), die dem Wasser soweit Zutritt gestatten, dass mehr oder weniger ständige Wasserstellen entstehen. Wo diese derartig abgeschlossen sind oder nur gelegentlich Überschwemmungen erleiden, um mehr oder weniger stagnierende Wasserflächen zu bedingen, ist eine Sapropelbildung begünstigt, ebenso aber die Entstehung von natürlichen Salzgärten, so dass ein und dieselben Örtlichkeiten, die nebeneinander liegen, sowohl die petroleumliefernden Gesteine wie auch Salzablagerungen oder beides zugleich erzeugen.[1])

Moder, Torf und Sapropel können, auch wenn sie autochthon sind, aus kleinen, untereinander etwa gleich grossen Pflanzenteilen zusammengesetzt sein, sei es, dass von vornherein, wie im Sapropel, durchschnittlich kleine Pflanzen zu den Urmaterialien gehören, sei es, dass der Zersetzungsprozess das meiste homogen zersetzt hat, wie in alten Torfen, sei es, dass Tiere, wie Regenwürmer, für eine Zerkrümelung gesorgt haben, wie in Moderbildungen. Wo wir aber, wie schon eingangs gesagt, z. B. in Tongesteinen eingebettet, schöne (inkohlte) Farnwedel finden, ausgebreitet wie im Herbarium, kann es sich erst recht nur um an Ort und Stelle oder dicht bei der Heimatstelle eingebettete Reste handeln. Denn bei einem Transporte von Pflanzenteilen findet eine Zerkleinerung zu „Häcksel" oder mindestens eine Deformierung derselben statt durch die mechanischen Insulte, die durch das Anstossen an Ufer, Küsten und durch die Wasser-(Wellen-)bewegung verursacht werden. Bei dem natürlichen Häcksel besitzen die einzelnen Stücke untereinander etwa gleiche Grösse: sie sind kleiner, wenn die mechanischen Insulte ständiger wirken konnten, grösser bei geringerer Inanspruchnahme. Die bekannten zahlreichen Baumstämme, die, beim Transporte ihrer Kronen und Wurzeln beraubt, an den Strand geworfen werden, wie Baumstämme aus Mittelamerika, die der Golfstrom an den Küsten Nordeuropas absetzt, gehören in paläobotanischem Sinne zum Häcksel. (Fig. 4.)

Bei einem Transport über Meer wird eine Anreicherung von

1) Eingehenderes über die Genesis des Petroleums in meiner Abhandlung: „Zur Frage nach den Urmaterialien der Petrolea." (Kgl. Geologische Landesanstalt Berlin. 1905.)

Digitized by Google

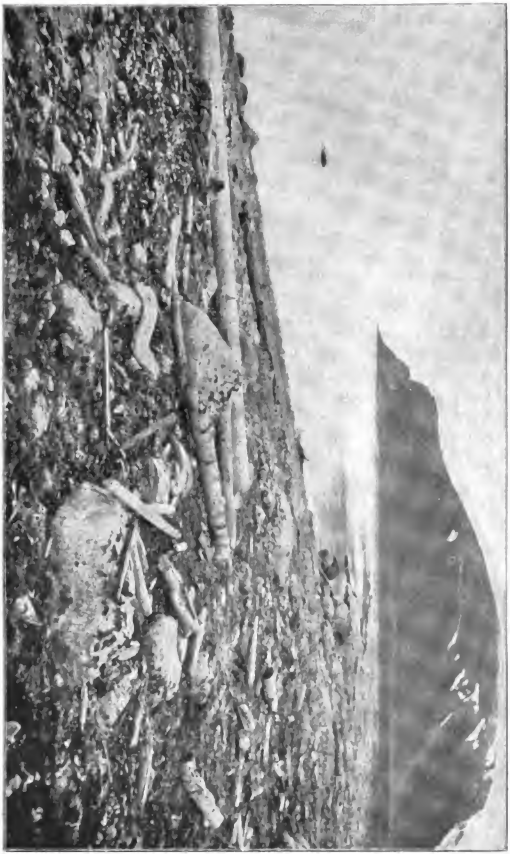

Fig. 4. Treibholz auf der Amsterdam-Insel. (Nach einer Photographie von Prof. A. G. Nathorst.)

Digitized by Google

organischem Materiale auf dem Boden des Meeres nicht beobachtet. Die Mohrsche Tangtheorie geht u. a. davon aus, dass die grossen losgerissenen Tangmassen, die über das Meer geführt werden (man denke an das „Sargassomeer" im Atlantischen Ozean) schliesslich untersinken und dass diese Massen, auf dem Boden des Meeres in Tausenden und aber Tausenden von Jahren sich anhäufend, Lager bilden sollen, die endlich zu Kohlen würden. Es ist dies aber eine blosse, durch die Erfahrung nicht bestätigte Annahme, denn es sind bei Dretschungen im Meere ordentliche Humus- oder reine Sapropelbildungen auf dem Grunde nicht beobachtet worden. Es ist das auch leicht erklärlich, da im Meere ein steter, wenn auch in den Tiefen sehr langsamer Fluss vorhanden ist, der ständig Sauerstoff auch in die tiefsten Tiefen des Meeres führt, so dass kein Inkohlungs- oder Bituminisierungsprozess in grösserem Masse stattfinden kann, sondern wesentlich nur ein Verwesungsprozess möglich ist. Nur wenn organische Teile rechtzeitig unter ruhige Wasserbedeckung und damit unter Luftabschluss geraten, können Humus- oder Sapropellager entstehen. Im Meere kommt hinzu, dass beim Durchsinken grosser Wassersäulen — bevor das Material auf den Boden gelangt — eine besonders schnelle Zersetzung statthat.

Unter den Produkten der Humusbildung sind gewisse in Wasser löslich (man nennt sie wegen ihrer sauren Reaktion Humussäuren); diese werden dann gern von Bächen und Strömen fortgeführt. Das ist auch ein Transport von organischem Material und es ist angenommen worden, dass solche Wässer, die „Schwarzwässer", durch Niederschlagen von Humussäuren, die sie in Lösung enthalten, die Steinkohlen gebildet hätten. Schwarzwässer sind in Brasilien häufig (der Rio Negro hat von der braunen Farbe seinen Namen), in Schottland (Bäche und Seen) können sie beobachtet werden, der Kongo gehört zu den Schwarzwässern usw. Sobald diese Wässer aber auf das Meer hinauskommen, und auch während ihrer Bewegung zum Meere hin, zersetzten sich die organischen Bestandteile, es bleibt schliesslich „Nichts" übrig. Beobachtet sind wesentlichere Ablagerungen von Humussäuren und deren Verbindungen nicht. Nur untergeordnet sind sie zu konstatieren, wie in Torfen der Dopplerit, der niedergeschlagene Humussäure ist, ebenso wie die humose Substanz des Humus-„Ort".

Der Humus-Ort entsteht in der folgenden Weise. (Vgl. hierzu Fig. 5.)

Wo eine Vertorfung eingetreten ist, wird der Mineralboden unter dem Torf durch Infiltration von Humussäure mehr oder weniger stark entfärbt; infolge der Auflösung (Auslaugung) leichter löslicher

Digitized by Google

Fig. 5. Profil zur Demonstration der Genesis des Humusorts. Bunzlau in Schlesien.
a) unausgelaugter Sand, *b*) Humusorterde, *c*) ausgelaugter Sand (= „Bleichsand"), *d*) Ackerboden.

Digitized by Google

mineralischer Bestandteile (Eisen- usw. Verbindungen), die tiefer geführt sich dort wieder ausscheiden, bildet sich eine „Orterde“ (bei noch erdiger Beschaffenheit). Bei uns speziell handelt es sich, da in derselben Zone auch die Humussäure zum Niederschlag kommt, um Humusorterde oder, wenn die Humussäure die Gesteinspartikel miteinander verkitten, um Humusortstein.

Wir betrachten nun näher die Erscheinungen der Bildung von Sapropel und Humus an Ort und Stelle. Man hat aquatische und terrestrische Autochthonie zu unterscheiden; die erstere ist vorn schon als autochthone Sedimentierung vorgekommen.

In einem in allen Teilen bewegten Wasser kann eine Humus- oder Sapropelablagerung nur stattfinden, wenn die Wassertrübe das organische Material rechtzeitig durch Bedeckung mit mineralischem (insbesondere mit Ton-) Sediment abschliesst. In einem stagnierenden Wasser dagegen, das ja besonders in seinen unteren Partien keinen Sauerstoff enthält, oder dem doch nur geringfügige Mengen davon zugeführt werden, sind die Bedingungen vorhanden, um organisches Material so von der Luft fernzuhalten, dass eine Fäulnis stattfinden kann. Gewisse norddeutsche Seen sind soweit mit Sapropeliten erfüllt (Sapropelite umfassen auch diejenigen Gesteine, bei denen eine Ton- und Feinsandsedimentierung zum Sapropel hinzukommt oder sonstwie ein nicht brennbares Material, wie Kalziumkarbonat[1]), dass sie nicht mehr mit ordentlichen Booten befahren werden können. (Fig. 6.) Wenn die Anhäufung so beträchtlich geworden ist, dass nun auch Sumpfpflanzen den Sapropelit als Boden benutzen und gedeihen können, so schieben sich diese Sumpfpflanzen, besonders Röhrichtpflanzen vor und bringen durch Torfbildung den See nach und nach zur völligen Verlandung. (Fig. 7.) Ist der Boden dadurch allmählich weit genug vorbereitet, d. h. nur einigermassen tragfähig geworden, so siedeln sich Bäume an; wir haben dann Moorbrücher. (Fig. 8.) Sobald nun diese Brücher alt genug sind, so dass die Torfanhäufung ziemlich beträchtlich geworden ist, etwa so, dass irdisches Wasser nicht mehr hineinzudringen vermag, dann ändern sich die Bedingungen für das Pflanzenwachstum ganz wesentlich. Es ist nicht mehr die reichliche Nahrung vorhanden, so dass jetzt nur noch Pflanzen zu gedeihen vermögen, die mit bedeutend weniger Nährstoff auskommen, und die Moorbrücher, bei uns die Erlen- und Birkenmoore, gehen zugrunde, um allmählich einer neuen Vegetation Platz zu machen. Im Gegensatze zu den Flachmooren (Sumpfmoore

1) Von den seltenen Sapropsammiten, d. i. Sapropelgesteinen, deren Beimengungen zum Sapropel Körnchengrösse haben, wird hier abgesehen.

Digitized by Google

Fig. 6. See, erfüllt mit Sapropel.
a) Wasser, b) Sapropel, c) Röhricht. (Liebemühl in Ostpreussen.)

Digitized by Google

Fig. 7. Verlandung durch Wasserpflanzen und Röhricht.

und Moorbrücher), so genannt wegen der meist flachen Ausbreitung ihrer Oberfläche, heissen die letztgenannten Moore (Fig. 9), Hochmoore, weil sie, sobald sie eine grössere Ausdehnung gewonnen haben, uhrglasartig gewölbt, in ihrer Mitte höher als am Rande sind.

Digitized by Google

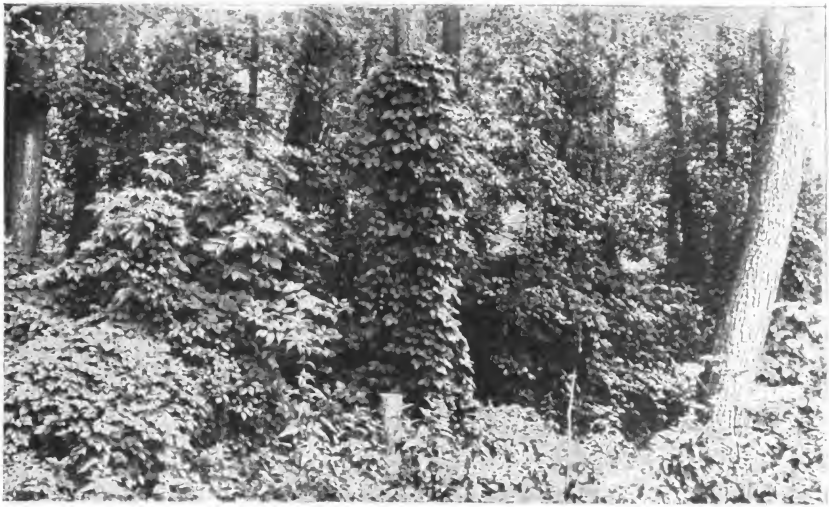

Fig. 8. Erlenmoor aus Gr. Lichterfelde bei Berlin (jetzt durch den Bau des Teltowkanals vernichtet).

Digitized by Google

Fig. 9. Hochmoor aus Schweden.

Digitized by Google

Die geschilderte Entwicklungsfolge ist in Profilen von Torfmooren oft zu beobachten, besonders instruktiv und übersichtlich, wenn es sich, wie in Fig. 10, um die Aufdeckung eines ganz kleinen, vollständig übersehbaren Wasserbeckens handelt.

In der geschilderten Reihenfolge kann die Entwicklung vor sich gehen, aber ein Hochmoor z. B. vermag auch auf Sandboden zu entstehen, wenn er nur bei hinreichender Luftfeuchtigkeit unfruchtbar (ausgelaugt) ist. Bei der Entstehung von Hochmooren kommt es auf das Vorhandensein einer „Isolierschicht" an, zwischen dem hinreichend mineralische Nahrung hergebenden Boden und dem Hochmoor: sei diese Isolierschicht nun ein Flachmoortorf, ein ausgelaugter Sand oder dergleichen.

Ich gehe nun auf die fossilen Gesteine ein, zunächst auf die fossilen Sapropelgesteine.

Zu diesen gehört das Dysodil (vom griechischen Präfixum dys = übel und odmeeis = duftend, wegen des Geruchs beim Verbrennen) aus der Tertiärformation. Es ist dies ein Gestein, das gewöhnlich blätterig ist, ebenso wie fest-gallertig gewordenes älteres rezentes Sapropel, das dann von mir Saprokoll (von sapros und dem Griech. kolla = Leim) genannt wurde. Mit dem Streichholze entzündet, brennen beide mit leuchtender Flamme. Es werden aus dem Dysodil Öle hergestellt, die stark an Petrolea erinnern.

Gehen wir zur Steinkohlenformation zurück, so haben wir Sapanthrakon, wie die reinste Cannelkohle (vom Englischen candle die Kerze) die hierher gehört. Im Habitus sieht es oft genau so aus, wie Dysodil oder getrocknetes Sapropel oder Saprokoll: es ist ein sehr hartes Gestein. Untersuchen wir Dysodil oder Cannelkohle oder Sapropelgesteine überhaupt mikroskopisch, so sehen wir im Prinzip genau dieselben figurierten Bestandteile wie im Sapropel: die kleinen Algen, die kleinen Wassertiere, auch Fischreste usw., nur mit dem Unterschiede, dass es sich um andere Arten handelt. (Fig. 11.)

Von den Sapropeliten sind besonders drei bemerkenswert: es sind das die Sapropelkalke, die Dintomeenpelite (Kieselguhre) und gewisse Schlickarten (Sapropeltone).

Pflanzen, die den Kalk des Wassers als Skelettmaterial zu ihrem Aufbau und Halt benutzen, schlagen den Kalk in grossen Mengen in sich nieder, wie gewisse Algen. Andere Pflanzen, wie Potamogeten usw., schlagen den Kalk an sich nieder, der dann den Schlamm mehr oder weniger kalkhaltig macht. Dazu kommen Tiere mit Kalkschalen, wie die Mollusken. Wir erhalten so Kalksapropel. Diese Kalksapropele — oder bei reichlicherem Vorhandensein von Kalk Sapropelkalke — sind zunächst ebenso

Digitized by Google

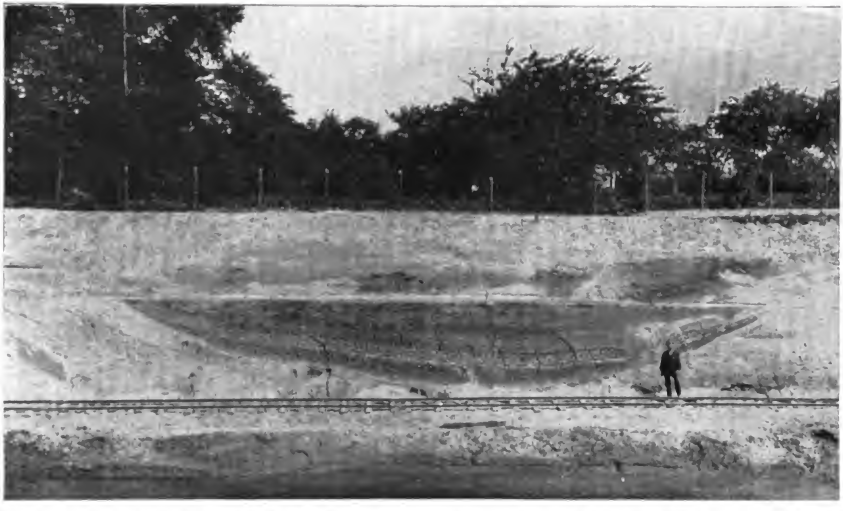

Fig. 10. Profil durch ein kleines, ehemaliges Wasserbecken, verlandet durch vollständige Ausfüllung mit Sapropelit, darüber Torf, das ganze bedeckt mit Sand. — Aufgeschlossen gewesen beim Bau des Teltowkanals in Steglitz bei Berlin.

Digitized by Google

schlammig wie sonst frische Faulschlammgesteine. Erst in hohem Alter oder beim Trocknen an der Luft gewinnen sie feste Konsistenz. Die Bitumenkalke, die zahlreich in allen geologischen Formationen verbreitet sind, sind fossiler Sapropelkalk. Wenn man einen solchen Kalk anschlägt, so bemerkt man oft den bituminösen Geruch (Stinkkalk); das Bitumen ist allermeist ab ovo darin, nicht nachträglich

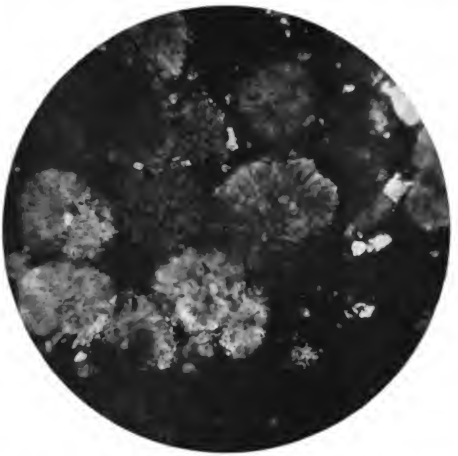

Fig. 11*a*. Schliff durch ein Sapanthrakongestein (Boghead von Autun). Mit Algen. $\frac{112}{1}$. In der Richtung der Schichtung geschliffen.
(Nach Prof. C. Eg. Bertrand.)

hineingeraten, wie letzteres ebensowenig der Fall ist mit dem Sapropel der rezenten Sapropelkalke.

Die Diatomeenpelite sind eine besondere Art von Sapropeliten, entstanden in Gewässern, die viel Kieselsäure und wenig oder gar keinen Kalk in Lösung enthielten, so dass darin Kieselalgen an Stelle von kalkabsondernden Pflanzen besonders reichlich zu leben imstande waren. Die Panzer der Kieselalgen haben sich mit den anderen Pflanzen und den abgestorbenen Tieren (Crustaceen u. dgl.)

Digitized by Google

auf den Boden gesenkt und sind zu einem Gestein geworden, das nun natürlich besonders reich an Kieselsäure — und zwar an hydratisierter Kieselsäure (Opal) — in der Form von Kieselpanzern ist. Kieselgurablagerungen bestehen nicht ausschliesslich aus Kieselpanzern; es haben in dem Wasser nicht nur Kieselalgen gelebt. Die Kieselgur muss wegen der in ihr vorhandenen brenn-

Fig. 114. Schliff durch ein Sapanthrakongestein (Boghead von Autun). Mit Algen. $\frac{112}{1}$. Senkrecht zur Schichtung geschliffen.
(Nach Prof. C. Eg. Bertrand.)

baren kohlenstoffhaltigen Substanz für die Technik erst brauchbar gemacht werden; sie wird gebrannt. Man häuft sie in lufttrockenem Zustande in Stücken zusammen und sie brennt dann nach der Entzündung, wie Holz in einem Meiler zu Holzkohle verbrennt, so hier — da überall Luftzutritt geschaffen wird — vollständig weiss.

Verhältnismässig reine Kieselgur kommt in der Natur meist nur dort vor, wo eine nachträgliche Zersetzung und Auslaugung stattgefunden hat. (Fig. 12.)

Digitized by Google

Wo mit der Bildung von Sapropel gleichzeitig eine allochthone Sedimentierung stattgefunden hat, z. B. von Ton, der sich an den ruhigsten Stellen von Gewässern absetzt, die gerade der Sapropelbildung günstig sind, da haben wir Tonsapropel oder Sapropelton, wohin gewisse Schlicke gehören.

Die Steinkohlen nun, die übrigens nicht allein in der Steinkohlenformation vorkommen, sondern auch in anderen Formationen, sind Glanzkohlen. Sapanthrakon, Dysodil und das getrocknete Sapropel sind matte Gesteine, Mattkohlen. Steinkohlenlager, die unten aus einer Lage Mattkohle und oben aus einer Lage Glanzkohle bestehen, entsprechen dem Fall der Bildung von Sapropel in einem Wasser, das, dann verlandend, von Torf zugedeckt wird.

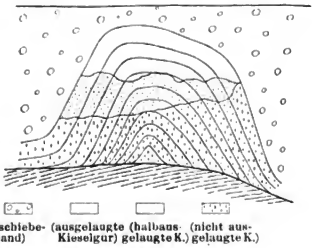

Fig. 12. Profil durch aufgesattelte Kieselgurschichten der Lüneburger Heide.

Haben wir demnach eine Kohle, die auf dem Querbruch schmale abwechselnde Streifen von Glanz- und Mattkohle aufweist (die häufige „Streifenkohle"), so kann man an ein Moor denken, welches periodisch von Wasser überschwemmt wurde, das dann stets Veranlassung zu Sapropelbildung gab. Eine Erläuterung dazu geben unsere heutigen Sapropelteppiche („Meteorpapiere"), das sind Teppiche von Sapropel (Fig. 13), die auf unseren Wiesen und Torflagern nach dem Weichen einer Überschwemmung zurückbleiben; es sei denn, dass es sich in gewissen Streifenkohlen um Kohlen handelt, in die während ihrer Entstehung ständig sehr viele Landpflanzenreste hineingeraten sind.

Sehen wir uns die Pflanzen an, die in den Mooren wachsen, im Vergleich zu denjenigen, die wir aus der Steinkohlenformation kennen, so würde z. B. darauf aufmerksam zu machen sein, dass

Digitized by Google

die Moorbäume horizontal verlaufende Wurzeln besitzen, weil sie erstens das Wasser nicht in der Tiefe zu suchen brauchen und zweitens auch in grösserer Tiefe eines dichten Bodens nicht atmen können. Auch die Bäume der Steinkohlenformation weisen horizontal aus-

Fig. 13 Sapropelitprich auf einem Flachmoor

gebreitete unterirdische Organe auf. (Fig. 14.) Diese Ausbildungsweise hat auch für die Pflanze einen statischen Vorteil insofern, als die grossen, schweren Individuen, die in schlüpfrigem Boden wachsen, naturgemäss einen besseren Halt finden, wenn sie nach unten weit ausladen.

Digitized by Google

Charakteristisch ist ferner der Etagenbau. Schilfstengel zeigen oft an den übereinander liegenden Knoten, den verschiedenen Etagen, Wurzeln. (Fig. 15.) Dieser Etagenbau ist vielen Moorpflanzen eigentümlich. Es ist klar, dass eine Pflanze, die bei einer geringen Einbettung ihrer unteren Partie, ihres Wurzelfusses nämlich, schon zugrunde geht, in Mooren dauernd nicht wachsen kann. Wenn wir einen Baum, wie eine Linde, eine Eiche u. dgl., auch eine

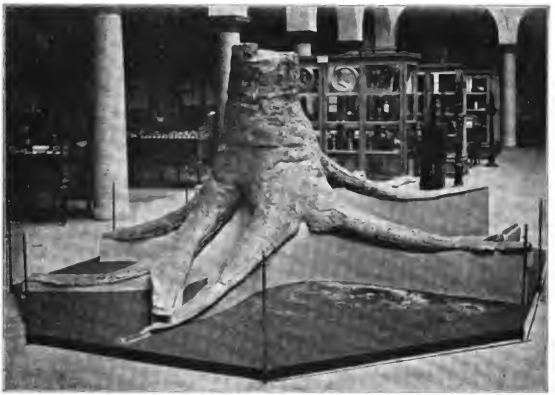

Fig. 14. Baumstumpf des Carbons mit horizontal verlaufenden Rhizomen („Stigmarien"). — Vom Piesberg bei Osnabrück. Befindet sich im Lichthof der Kgl. Geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin.

Kiefer, mit Erde einschütten und so den Fuss des Baumes von der Luft abschliessen, so stirbt der Baum ab. Deshalb werden kostbare Bäume bei etwaigen Strassenerhöhungen ummauert, so dass die Luft hinzu kann. Die Pflanzen aber, die, unbekümmert um eine teilweise Einbettung, in der passenden neuen Höhe wieder Wurzeln zu bilden imstande sind, wachsen weiter.

Der Etagenbau ist auch bei Steinkohlenpflanzen beobachtet worden. Es sind unter diesen von C. Grand'Eury Baumfarne und Calamariaceen (Fig. 16), letztere zu den Röhrichten gehörend, bekannt

Digitized by Google

gemacht worden, welche Wurzeln zeigen zuerst in einer unteren Region, dann in einer höheren Region und so fort: ein Hinweis darauf, dass Steinkohlenpflanzen wie die heutigen Moorpflanzen sich nachträglichen Anhöhungen anzupassen wussten.

Schliesslich sei noch auf die Tatsache aufmerksam gemacht, dass viele Pflanzen der Steinkohlenformation stammbürtige Blüten besitzen, d. h. Blüten, die dem Stamme ansitzen, und das ist charakteristisch für unseren heutigen tropischen Regenwald. Es steht dies wohl in Beziehung zu den Regenmengen, die ja auch in Moorgegenden besonders reichlich sind. Die Blüten werden durch den

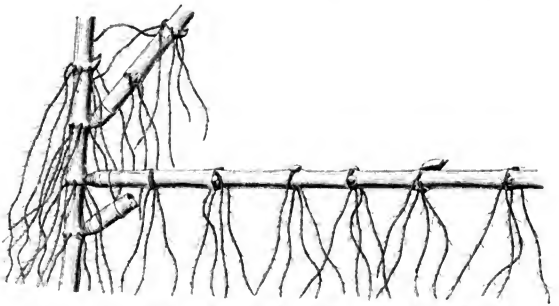

Fig. 15. Schilfrhizom, links Etagenbau zeigend, rechts Horizontalrhizom mit Vertikalwurzeln. (Entnommen aus dem S. 38 abgebildeten Profil). Etwas verkleinert.

Regen leicht geschädigt, so dass es vorteilhaft ist, wenn die Fortpflanzungsorgane in Regionen der Pflanze angebracht werden, in denen die Krone als Schirm einen Schutz gewährt.

Sehr oft kann man nachweisen, dass unterirdische Teile von fossilen Pflanzen sich noch in dem Boden befinden, in welchem sie einst lebten. Im Liegenden der Steinkohlenlager findet sich meist ein Gestein, das die Wurzeln und die unterirdischen Organe der Pflanzen enthält, welche die Moorbildung eingeleitet haben. Wenn man solchen Boden gemäss den Schichtungsflächen durchschlägt, so sieht man horizontal verlaufende Stücke, die von den unterirdischen horizontalen Organen herstammen, die die Paläobotaniker Stigmaria nennen (Fig. 14). Davon gehen radial nach allen Seiten ausstrahlende zylindrische, schwächere, aber lange Organe aus, die beweisen, dass die

Digitized by Google

Stigmaria in diesem selben Gestein, als es noch nicht verfestigt war, gewachsen ist. Der anatomische Bau dieser „Appendices", den wir genau kennen, macht es unmöglich, dass dieselben heute noch, strahlig von dem Hauptkörper ausgehend, das Gestein durchziehen

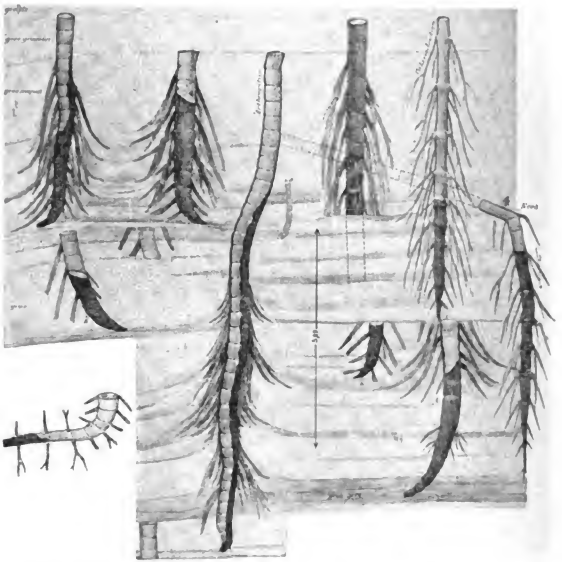

Fig. 16. Unterirdische Organe von Calamariaceen (aus der Steinkohlenformation von St. Etienne in Frankreich) mit Wurzeln in den verschiedenen Etagen ca. $^1/_{60}$ der nat. Gr. (Nach Grand'Eury.)

könnten, wenn solche Stigmarien angeschwemmt worden wären. Wenn man sich das Objekt lebend vorstellen wollte und aus dem Boden herausgezogen, so müssten die Appendices herunterhängen wie nasse Lappen, da sie anatomisch gar keine festen Gewebe auf-

Digitized by Google

Fig. 17. Aufgedeckter Waldboden der Steinkohlenformation mit Baumstümpfen (von Lepidophyten). Victoriapark bei Whiteinch bei Glasgow. — Nach John Young u. Glen.

Digitized by Google

Fig. 18. Blick in eine Braunkohlengrube (Tagebau) des Senftenberger Reviers. *b)* Boden des abgebauten Teiles des Kohlenlagers, das bei *k* im Profil als Wand ansteht; *d)* Decke des Lagers aus Sand und Ton.

weisen, die ihnen Halt zu verleihen vermöchten. Es ist das ein unwiderleglicher Beweis dafür, dass die Stigmarien des so gewöhnlichen Stigmariabodens auch wirklich in dem Schiefertone gelebt haben, in dem wir sie heute finden. Stigmariaböden (Underclays [= Unterton] der Engländer) finden sich gewöhnlich unter Steinkohlenlagern als Hin-

Digitized by Google

Fig. 19. Torfstich bei Triangel in der Lüneburger Heide. *a*) Profil durch Flachmoorwaldtorf mit Baumstümpfen; *b*) durch Hochmoortorf ohne Stümpfe. Vor *b* und rechts davon der Hochmoortorf abgebaut, so dass der letzte Flachmoorwald *c* in Stümpfen zutage tritt. Hinten Hügel aufgeschichteter Hochmoortorfsoden.

Digitized by Google

weis darauf, dass wir es hier mit Moorbildungen zu tun haben, die an Ort und Stelle aus Wäldern hervorgegangen sind: eine Erscheinung, die wir auch heute noch vor sich gehen sehen. Waldböden, die noch mit Baumstümpfen besetzt sind, sind wiederholt sowohl in der Steinkohlenformation, wie auch in der Braunkohlenformation beobachtet

Fig. 20. a) Tonflötz mit Braunkohlenbrocken, darüber b) Riegelkohle (Grube Liblar bei Köln.)

worden. In Whiteinch bei Glasgow ist ein solcher Boden, der erstgenannten Formation angehörig, als Naturdenkmal erhalten geblieben (Fig. 17), und im Senftenberger Revier (Niederlausitz) kommen beim Abbau der Braunkohle imponierende Flächen mit Baumstümpfen zutage. (Fig. 18.) In beiden Formationen waren es Waldmoore, die während der ganzen Dauer der Humusbildung bewaldet geblieben sind.

Digitized by Google

Dieselbe Erscheinung kann man bei Torflagern beobachten (Fig. 19), insbesondere in ihrem Liegenden, als Beweis, dass diese Lager wenigstens in ihren ersten Stadien aus Wäldern hervorgegangen sind. Andere Moore besitzen Baumstümpfe bis zu ihrer oberen Fläche, wie das Braunkohlenlager des genannten Reviers.

Wie in Torfmooren Wasserströme gewisse Teile aufarbeiten und als Schlämm- oder Bröckeltorf wieder absetzen können, oder frische Pflanzenmaterialien transportiert, dabei oft zu „Häcksel" zerkleinert und dann abgelagert werden und Humuslager erzeugen können, so ist auch gelegentlich in Braunkohlen eine Bröckelkohlenbildung zu beobachten und kommt gewiss auch in der Steinkohlenformation vor. Unter Umständen zerfällt diese Kohle beim Anbruch durch die Hacke sofort in die einzelnen Brocken und rieselt hinab: Rieselkohle der niederrheinischen Braunkohlenbergleute. In dem in unserer Fig. 20 wiedergegebenen Fall hat ein Wasserlauf gelegentlich auch Tontrübe mitgeführt, die dann als Tonflötz mit einzelnen in ihm dichter oder spärlicher verstreuten Braunkohlenbrocken abgelagert wurde.

Es würde nunmehr die Frage auftauchen: Sind die Steinkohlenlager fossile Flachmoore oder fossile Hochmoore? Es sind die fossilen Steinkohlenmoore nach allem, was wir wissen, als fossile Flachmoore zu denken, mit unseren Erlen-, Birken- und Mischwaldmooren zu vergleichen, oder auch mit den viele Quadratmeilen grossen Mooren des mittleren Nordamerika, den Sumpfcypressenmooren (Fig. 21). Mit diesen Mooren sind die Steinkohlenmoore, wenn man aus der Jetztzeit einen Vergleich sucht, in Parallele zu stellen.

Der Erklärung der Steinkohlenlager als fossile Waldmoore scheint nun auf den ersten Blick die Tatsache zu widersprechen, dass sich in diesen Lagern, wenn auch selten, Gerölle finden. Wie kommen sie dahin? Nun, wir kennen solche Gerölle auch aus unseren heutigen Flachmooren, aber nicht aus Hochmooren. Denken wir an den Spreewald (welcher der Typus eines Flachmoores ist), und zwar in seinem ursprünglichen Naturzustande, so werden wir begreifen, dass durch die verschiedenen Spreearme, die hineintreten, gelegentlich auch Bäume verflösst wurden, und diese werden Geröll und Sand in ihren Wurzeln mitgeführt haben. Das ist eine Erscheinung, die man in Urwaldgegenden noch besonders gut beobachten kann. Hier bei uns, wo der Schleier der Kultur alles dicht verhängt, ist die Natur freilich oft schwierig zu rekonstruieren.

Sofern ein Moor am Rande des Meeres liegt, könnte auch noch in anderer Weise Geröll hineingeraten, nämlich durch Pflanzen des Meeres. Nehmen wir an, dass ein solches Moor vom Meere über-

Digitized by Google

flutet werde, so können unter Umständen Gerölle, besonders leicht durch Vermittlung von Tangen hineintransportiert werden. Tange wachsen nicht auf losem Grund und Boden, sondern nur auf festem Gestein. Sind es Geschiebe, die den Boden bilden, so können die Tange, vermöge ihres geringen spezifischen Gewichts emporstrebend

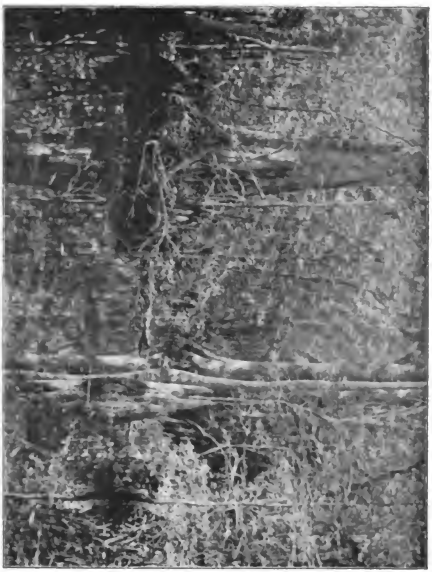

Fig. 21. Sumpfcypressen- (Taxodium distichum-) Moor von der Küstenregion des mittleren Nordamerika. (Nach einer Photographie von Prof. E. Deckert.)

und -wachsend, immer grössere Lasten tragen und schliesslich den Stein, auf dem sie festsitzen, emporziehen und so die Veranlassung werden, dass der Stein, durch Wellen und Fluten bewegt, an den Strand geworfen wird. Dieser Gesteinstransport aus der Tiefe durch Vermittlung von Tangen ist besonders schön und reich u. a. auf Helgoland zu beobachten (Fig. 22), wo eine Unzahl von Ge-

Digitized by Google

Fig. 22. Gerölle mit anhaftendem Tang, von diesem aus dem Meeresgrunde aufgeholt. Helgoland.

Digitized by Google

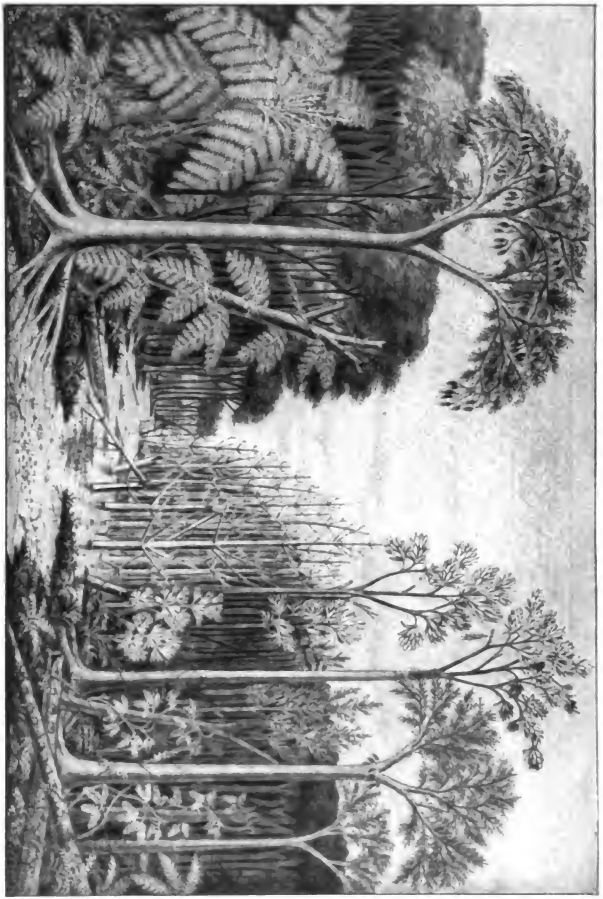

Fig. 23. Moorlandschaft der Steinkohlenzeit. (Mittleres produktives Karbon). Rekonstruktion des Verfassers.

Digitized by Google

schieben umherliegen, denen die Algen noch anhängen. Würde am Strande ein Moor liegen, so würden die Gerölle hineingeschwemmt werden können.

Fig. 24. Röhrichtboden (*a*) unter einem Braunkohlenlager (*c*). *b* ist eine Sohle auf dem Röhrichtboden; einzelne Stücke des Bodens liegen auf der Sohle. — Grube bei Teuchern.

Auch das Vorkommen von Eisen- und Dolomitkonkretionen in den Steinkohlenlagern spricht für ihre Flachmoornatur. Naturgemäss können wir reichlichere Eisen- und überhaupt Mineralmengen nur dort beobachten, wo mineralische Zuflüsse stattgefunden

Digitized by Google

haben. Das ist nur in Flachmooren möglich, nicht in Hochmooren, denn aus den Hochmooren fliesst Wasser heraus, keins hinein, es wird eher ausgelaugt. Wir haben z. B. keine Eisenmineralien in Hochmooren, wohl aber vielfach in Flachmooren.

Fig. 25. Röhrichtboden *a* unter Torf *b*.

Endlich sprechen die grossen Pflanzenformen, welche die Steinkohlenflora auszeichnen, für Flachmoorbildungen. (Fig. 23.) Grosse Bäume wachsen im Hochmoor nicht; hier sind im allgemeinen kleinere Pflanzen zu finden wegen der geringen Nahrung, die vorhanden ist. Es ist ein hervorstechender Charakter der Hochmoore, dass sie kleine Pflanzen tragen im Gegensatze zu den Flach-

Digitized by Google

mooren, die grossen Bäumen (Taxodium distichum z. B.) und bei uns Erlen usw. günstige Bedingungen gewähren. Auch Röhrichte sind in der Steinkohlenformation vorhanden, wie Calamariaceen (Fig. 23 in der Mitte), deren Reste sich namentlich im Sandstein finden und unseren Schachtelhalmröhrichten entsprechen. Röhrichtböden sind fossil oft genug zu sehen, insbesondere in der Braunkohlen-

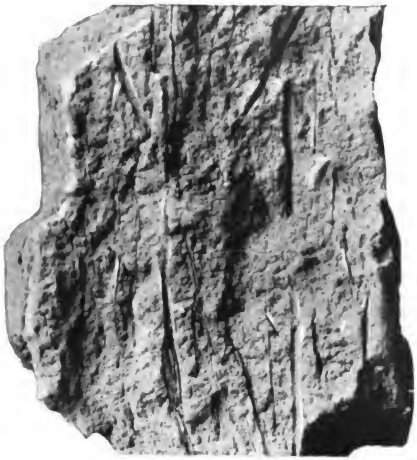

Fig. 26. Sapropelkalk als Röhrichtboden. Aus dem Liegenden eines Torflagers bei Gross-Lichterfelde. $^1/_1$.

formation, aber auch in älteren Formationen als Boden der Kohlenlager in genau der gleichen Ausbildung wie Röhrichtböden unter Torfen. Wir haben dann unterirdisch horizontal verlaufende Stengelorgane (Rhizome), die nach abwärts parallel zueinander die Wurzeln aussenden. Diese Erscheinung ist charakteristisch zur Erkennung, dass die Moorbildung durch die Röhrichtformation eingeleitet worden ist. Das ist oft zu beobachten (Fig. 24, 25 u. 26) und weist darauf hin, dass in solchen Fällen das darauffolgende Lager ein Flach-

Digitized by Google

moor gewesen sein muss, da aus Röhrichten gern Moore werden, und zwar Flachmoore.

Dann ist schliesslich noch zu erwähnen, dass wir in den Gesteinen zwischen den Steinkohlenlagern gelegentlich Tiere finden,

Fig. 27. Submarines Torflager vom Strande von Sylt, zur Ebbezeit zutage tretend. — (Nach Prof. J. Reinke.)

auch Meerestiere. Es ist dies z. B. beobachtet in England, Belgien, Westfalen und Oberschlesien. Das entspricht ganz und gar dem, was wir von den Strandmooren her kennen, die gelegentlich einem Meerwassereinbruch ausgesetzt sind, der Sedimente und Tiere als Bedeckung des Meeres hereinführt. (Fig. 27.)

Zusammenfassend wäre zu sagen: Ebenso wie heute die ganz überwältigende Menge von Humuslagern autochthon

Digitized by Google

ist, war es auch in der geologischen Vorzeit die Norm, dass solche Lager an derselben Stelle gebildet wurden, wo auch die Pflanzen, die sie gebildet haben, gewachsen sind.

Die besonders reichlichen Moorbildungen zu den Zeiten des Karbons und des Tertiärs erklären sich in erster Linie aus der Tatsache, dass diese Formationen die Zeiten hervorragender Gebirgsbildung gewesen sind, wodurch Täler geschaffen wurden und grosse Senkungsgebiete, insbesondere durch Meeresküsten angezeigt, die für Moorbildungen so günstige Örtlichkeiten sind. Bei einer ständigen und fast stetigen Landsenkung mussten an vielen Stellen grosse Moore entstehen, die, oft von allochthonen Sedimenten bedeckt, so durch Gesteinszwischenmittel getrennt wurden.

Die vorausgehende Darstellung stellt das wichtigste Gestein, das wir überhaupt besitzen, die Steinkohle, in den Mittelpunkt der Betrachtung. Mit Rücksicht darauf, dass es sich wesentlich darum handelte, die Genesis dieses Gesteins zu erörtern, war keine Gelegenheit, ausser den beiden erwähnten Gesteinsgruppen 1. der Sapropelgesteine und 2. der Humusgesteine, die dritte Gruppe, nämlich die der Liptobiolithe (vom Griech. leiptos [latinisiert liptos] = zurückgelassen und biolith) zu besprechen. Überdies ist es angebracht, noch etwas auf die Unterschiede dieser drei Gesteinsgruppen einzugehen.

Die aus Organismen und ihren Teilen gebildeten Gesteine und Mineralien bezeichnete Christian Gottfried Ehrenberg als Biolithe (vom griechischen bios = Leben und lithos = Stein); sie zerfallen in brennbare, die wir Kaustobiolithe (vom griechischen kaein = brennen und -biolith), und in nicht brennbare Biolithe (z. B. aus blossen Skeletteilen von Tieren gebildet), die wir Akaustobiolithe nennen wollen.[1]) Zwischen beiden Abteilungen sind alle denkbaren Übergänge vorhanden, ebenso wie zu denjenigen Gesteinen, die durch Sedimentierung von anorganischem Detritus entstanden sind.

Die Sapropelgesteine, Humusgesteine und Liptobiolithe gehören zu den Kaustobiolithen.

---

1) Die von mir in Obigem — im Vorausgehenden und Folgenden — angewendete Terminologie ist weitgehend angenommen worden. Vergl. das „Protokoll über die Versammlung der Direktoren der Geologischen Landesanstalten der Deutschen Bundesstaaten. Eisenach, den 24. September 1906.

Digitized by Google

Wie wir schon gesehen haben, spielen im Gegensatz zu den Humusbildungen, deren wesentliche Urmaterialien Kohlenhydrate sind, in den Sapropelen die Fette und auch die Eiweissstoffe eine besondere Rolle. Humus und Sapropel sind daher chemisch sehr verschieden.

Solche Unterschiede gehen aus der folgenden Gegenüberstellung hervor, die das Mittel aus mehreren Proben wiedergibt:

Sapropel:	Moortorf:
1. Das Destillationsprodukt ist ein Ölteer. Bei guter Kühlung der Vorlage ergibt gutes lufttrockenes Sapropel über $^1/_4$ seines Gewichtes Ölteer.	1. Das Destillationsprodukt besitzt nicht ölige Konsistenz; es macht nur rund $^1/_{20}$ und weniger vom Gewicht des verbrauchten lufttrockenen Torfes aus.
2. Es bleibt $^1/_2$ bis $^1/_4$ der Substanz als Koks zurück.	2. Es bleibt fast $^1/_2$ der Substanz als Koks zurück.
3. Das H_2O reagiert alkalisch.	3. Das H_2O reagiert meist sauer.
4. Es entwickeln sich reichlich, gut und andauernd brennbare Gase.	4. Es entwickeln sich viel weniger brennbare Gase, so dass das in Gasform Abgehende schlecht und mit Unterbrechungen brennt.
usw.	usw.

Nun zu den Liptobiolithen.

Es gehören hierher die stark harz- oder wachsharz- oder wachshaltigen Produkte oder fossile Harze selbst (wie im letzten Falle z. B. der Bernstein), Lioptobiolithe genannt, weil es diejenigen Kaustobiolithe sind, die sehr schwer oder kaum verweslich sind; es sind diejenigen, die nach einem Verwesungsprozess eines harzhaltigen Pflanzenteiles bis zuletzt zurückbleiben (zurückgelassen werden).

Es ist bemerkenswert, dass in denjenigen Ablagerungen, die das grösste Quantum von Kohlen bergen, also im produktiven Karbon, Lager von Liptobiolithen fehlen, und das hat seinen Grund darin, dass die Entstehung harzhaltiger Pflanzen in eine spätere Zeit fällt. Das Harz der Pflanzen ist für diese ein Mittel des Wundverschlusses, und diese vorteilhafte Anpassung an Schädigungen durch Windbruch u. dgl. tritt erst später ein.

Abgesehen davon, dass die Braunkohle des Tertiärs als jüngere Kohle im ganzen O-reicher ist als die Schwarzkohle des Karbons, die für die Selbstzersetzung mehr Zeit zur Verfügung gehabt hat,

Digitized by Google

bei der also die Reduktion (der O-Verlust) weiter vorgeschritten ist, ist daher noch zum Verständnis des Unterschiedes der Tertiär- und Karbonkohlen die ursprüngliche Verschiedenheit des Urmaterials in chemischer Hinsicht in Rechnung zu ziehen, indem wir es in der Schwarzkohle des Karbons mit den Residuen vielleicht ganz harzfreier Pflanzen zu tun haben, in der Braunkohle des Tertiärs jedoch mit solchen oft sehr stark harzhaltiger Pflanzen.

Es ist noch darauf hinzuweisen, dass sich die meist weniger weit vorgeschrittene Zersetzung der Tertiärkohlen auch dadurch kund tut, dass die einzelnen, noch figuriert erhaltenen Pflanzenreste meist noch nicht vollständig fossilisiert erscheinen. Früchte, Samen und Holzreste, soweit sie nicht — wie das gelegentlich vorkommt — durch Infiltration einer Minerallösung der echten Versteinerung verfallen sind, treten uns meist in subfossilem Zustande entgegen, das Holz oft so, dass es nur angebräunt erscheint, es also so wenig in seinem Ansehen verändert ist, dass auch der Laie über die Holznatur keinen Augenblick zweifelhaft ist. Diese Erscheinung hat bei ihrer Auffälligkeit den meisten Tertiärkohlen in der französischen und englischen Sprache, gelegentlich auch in der deutschen, den Namen lignite resp. Lignit verschafft (von dem Lateinischen lignum das Holz).

Das Wort Lignit sollte jedoch nur für das subfossile Holz, nicht aber nun auch in übertragenem Sinne für die ganzen Tertiärkohlen Verwendung finden. Die Kohlen selbst würde man danach nur dann als lignitische bezeichnen, wenn eben subfossiles Holz in denselben besonders auffällig ist, sei es, dass sie, wie in seltenen Fällen, fast ganz aus Lignit bestehen, oder sei es, dass sie viel davon eingelagert enthalten.

Die hier und da vertretene Ansicht, die Tertiärkohlen seien ganz besonders auf zersetzte Holzreste zurückzuführen, im Gegensatz zu geologisch älteren Kohlen, ist nicht begründet und ursprünglich nur dadurch veranlasst, dass eben die Tertiärhölzer jedem so leicht ihre Natur zu erkennen geben.

Unter diesen Umständen — bei oft so geringer Fossilisation der Tertiärpflanzen usw. — kann es nicht wundernehmen, wenn in Braunkohle sogar chemisch noch Substanzen gleicher Art zu konstatieren sind wie in lebenden Pflanzen: wurde doch sogar — wie wir schon S. 10 erwähnten — in tertiären Sapropeliten (im Dysodil), das namentlich unter Lichteinwirkung so leicht zersetzliche Chlorophyll nachgewiesen. Weit weniger auffällig ist es bei dem Vorhandensein von so vielem Lignit in der Braunkohle, dass auch für Holzsubstanzen charakteristische Reaktionen mit Braunkohlen möglich sind, wie dies namentlich in letzter Zeit wiederholt von

Digitized by Google

Donath betont worden ist. Wenn solche Reaktionen jedoch mit noch älteren Kohlen nicht mehr oder nur gelegentlich andeutungsweise in die Erscheinung treten, so ist dies von vornherein zu erwarten, da durch die weitere Selbstzersetzung die vorhandenen Verbindungen, je längere Zeit zur Verfügung steht, auch je mehr zerfallen und sich verändern und dadurch in stabilere Verbindungen übergehen. Auf keinen Fall darf daher aus solchen Untersuchungen geschlossen werden, dass bei dem Mangel einer Ligninreaktion bei Karbonkohlen nun auch bei ihrer Entstehung ligninhaltiges Holz nicht beteiligt gewesen sein könne; wissen wir doch überdies — u. a. durch das häufige Vorhandensein von Holzkohle in den genannten Kohlen genau, dass Holz ebenso zur Karbonkohlenbildung beigetragen hat, wie zur Braunkohlen usw.-bildung. Einer Schlussfolgerung wie der monirten würde etwa diejenige entsprechen, die darauf hinauslaufen würde, zu behaupten, die Karbonvegetation könne keine grünen Gewächse enthalten haben, weil Chlorophyll in den Karbonkohlen nicht mehr nachweisbar sei.

Überraschend stark verharzte Hölzer („bituminöse Hölzer" im engsten, eigentlichen Sinne), so reich und homogen von Harz durchtränkt, dass sie fast wie Siegellack brennen, sind zuweilen in der Braunkohle zu finden. Aber auch Wachs- und Wachsharzausscheidungen, wie sie viele heutige Pflanzen besitzen, dürften im Paläozoikum noch kaum vorhanden gewesen sein; die Tertiärfloren aber gleichen den heutigen Floren in dieser Beziehung durchaus. Es ist daher anzunehmen, dass bei dieser zum Teil chemischen Verschiedenartigkeit der Urmaterialien, aus denen einerseits die Schwarzkohlen des Karbons und andererseits die Braunkohlen des Tertiärs hervorgegangen sind, auch die chemische Beschaffenheit dauernd eine etwas verschiedene bleibt, mit anderen Worten: es dürfte aus dem angegebenen Grunde aus Braunkohle des Tertiärs nicht im Verlaufe der Zeiten eine Kohle werden können, die ganz und gar derjenigen des produktiven Karbons gleicht. Vielmehr wird der viele Harz- und Wachsgehalt der neueren Kohlen, der sich überdies bei seiner schweren Zersetzbarkeit noch im Verlaufe der Zeiten anreichern muss, wohl dauernd die chemische Natur der Kohlen etwas beeinflussen.

Wo eine Anreicherung von harzigen Stoffen so stark ist, dass auf Grund dieser Stoffe die Kohlen zur Verschwelung, insbesondere behufs Paraffin- und CH-Öle-Bereitung, Verwendung finden können, spricht man von Schwelkohle. Ein besonderes Interesse verdient der Pyropissit (vom Griechischen pyr = Feuer und pissa = Harz), der schon durch seine weissgelbe Farbe seine Harznatur zu erkennen gibt.

Digitized by Google

Da die Liptobiolithe von der Technik in ähnlicher Weise verarbeitet werden können und verarbeitet werden wie Sapropelite, nennt man auch die ersteren „bituminöse", und zwar sind sie um so „bituminöser", je mehr Paraffin und Öl sie vermöge ihres Harz- und Wachsgehaltes herzugeben imstande sind.

Früher wurde Pyropissit im Braunkohlenrevier von Zeitz-Weissenfels in der Provinz Sachsen zur Verschwelung abgebaut, wo man sich jetzt zu diesem Zweck mit braunkohliger Schwelkohle begnügen muss. Den Lagerungsverhältnissen nach könnte der tertiäre Pyropissit eine Strand- oder Uferdrift sein; es ist dasselbe ursprüngliche Pflanzenmaterial, das in dem genannten Revier sonst die Braunkohle im eigentlichen Sinne gebildet hat, jedoch mit dem Unterschied, dass das Pyropissitmaterial dem Verwesungsprozess ausgesetzt, also jedenfalls wenigstens von Bedingungen beeinflusst war, wie sie die Stranddriftmaterialien vorfinden, die dem Sauerstoff der Luft hinreichend ausgesetzt zur vollständigen Zersetzung neigen (= Verwesung). Auch bei autochthonen, im Trocknen wachsenden Pflanzen ist das der Fall: es wird in beiden Fällen bei genügendem Luftzutritt alles verwesen und nur unter besonderen Umständen etwas zurückbleiben können, wenn nämlich unter anderen auch sehr schwer zersetzbare Substanzen vorhanden sind, wie Harz oder Wachsharz, das dann als Stranddrift oder autochthon, wie in den Wüstengebieten Deutsch-Südwestafrikas (Fig. 28), zurückbleibt.

Das nächstliegende ist, für die Braunkohle des Zeitz-Weissenfelser Reviers autochthone Entstehung anzunehmen, und es ist schon darauf hingewiesen worden, dass sich gelegentlich durch Vorhandensein eines Röhrichtbodens (mit senkrecht zu den Schichtungsflächen verlaufenden Wurzeln) unter Kohlenlagern dieses Revieres die Autochthonie beweisen lässt.

Wenn die Pyropissit führenden Braunkohlenlager während ihrer Entstehung gelegentlich trocken liegende Partien aufwiesen, musste die Verwesung Platz greifen und es konnte dann bei entsprechender Zusammensetzung der Flora ein Wachsharz zurückbleiben, und die in Rede stehende Flora enthält in der Tat solche Elemente. Für diese Auffassung spricht das allmähliche Übergehen des hellgelben bis fast weissen Pyropissits, durch die jetzt nach dem Abbau des Pyropissits verschwelte „Schwelkohle" zur sogenannten „Feuerkohle", die eine erdige (schwarzbraune) Braunkohle ist. In den beiden letztgenannten Sorten kommen gelegentlich mehr oder minder reichlich verteilte Harzstückchen vor, daher auch der Name Harzkohle.

Auch bei rezenten Torfen kann man eine Anreicherung von harzigen Teilen beobachten, wo er Verwesungsbedingungen aus-

Digitized by Google

gesetzt war; auch Harzstückchen (Fichtelit) finden sich gelegentlich in unseren Torfen. Wo das Hangende eines schon fertigen Braunkohlenlagers nachträglich für die Atmosphärilien so zugänglich ist,

Fig. 28. Wachsharzpanzerstück der südafrikanischen Geraniacee Sarcocaulon Burmanni. Natürliche Grösse.

dass nunmehr eine stärkere Zersetzung ermöglicht wird, findet ebenfalls eine Anreicherung von liptobiolithischem Material statt.

Der Pyropissit ist also aufzufassen als das nach der Verwesung übriggebliebene Harz und Wachsharz der Pflanzen, die unter Vertorfungs- und Fäulnisbedingungen (d. h. unter weitgehendem bzw. gänzlichem Luftabschluss) die Braunkohle (Feuerkohle) geliefert

Digitized by Google

haben, und zwischen Pyropissit und Braunkohle finden sich alle Übergänge, wie u. a. das jetzt als „Schwelkohle“ abgebaute und verwendete Material.

Es gibt auch rezenten Pyropissit, dem ich (1905) den Namen Denhardtit gegeben habe. — Von anderen Liptobiolithen sei hier abgesehen.

Digitized by Google

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin SW 11
Dessauer Strasse 29

Die in Figur 23 der vorstehenden Schrift wiedergegebene

Landschaft der Steinkohlenzeit

ist auch als Wandtafel bearbeitet worden, herausgegeben im Auftrage der Direktion der Königl. Preuss. geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin von Landesgeolog Professor Dr. H. Potonié. — Nebst Erläuterung mit 30 Abbildungen.

Grösse der Wandtafel 170 × 120 cm.

Preis der Wandtafel (nebst Erläuterungsschrift) auf Leinwand gezogen mit Stäben 25 Mk.

Preis eines von Künstlerhand kolorierten Abzuges auf Leinwand gezogen mit Stäben 60 Mk.

☛ *„Glückauf" schreibt: „Es wäre lebhaft zu wünschen, dass die schöne, in schwarzer und in vielfarbiger Ausführung vorhandene, von Künstlerhand entworfene Wandtafel auch auf den Steinkohlenbergwerken sich möglichst zahlreichen Eingang verschaffte. Ganz abgesehen von dem wissenschaftlichen Interesse und den belehrenden Zielen des Potonié'schen Werkes lässt sich für Sitzungszimmer, Bureaux-Räume, Beamten-Wohnungen usw. kaum ein wirksamerer und passenderer Wandschmuck denken, als diese „Landschaft der Steinkohlenzeit".*

Druck von Gebr. Unger in Berlin, Bernburger Strasse 30

Digitized by Google

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin SW 11
Dessauer Strasse 29

In Vorbereitung befindet sich und wird im nächsten Jahre erscheinen:

Die Entstehung der Steinkohle

Mit Ausblicken auf die Entstehung der brennbaren organogenen Gesteine überhaupt

von

Professor Dr. H. Potonié
Kgl. Landesgeologen in Berlin.

——— Mit zahlreichen Textabbildungen. ———

Indem wir die Aufmerksamkeit der Interessenten schon jetzt auf dieses hervorragende Werk lenken, laden wir gleichzeitig zur Subskription ein.

Der Preis des Werkes bei Vorausbestellung ist um 20% niedriger wie der spätere Ladenpreis.

Wir bitten den anhängenden Bestellzettel zu unterzeichnen, abzutrennen und einer Buchhandlung oder der Verlagsbuchhandlung direkt zu übermitteln.

Berlin SW 11
Dessauer Strasse 29

Gebrüder Borntraeger

Der Unterzeichnete subskribiert hiermit zum Vorzugspreise auf

..... Exemplar... **Potonié, Entstehung der Steinkohle,**

geheftet — in Halbleder gebunden.*)

Name: .....

Adresse: .....

*) Nichtgewünschtes gefl. zu durchstreichen.

Digitized by Google

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin SW 11
Dessauer Strasse 29

Eine Landschaft der Steinkohlenzeit

Wandtafel bearbeitet und herausgegeben im Auftrage der Direktion der Königl. Preuss. geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin von Landesgeolog Professor Dr. H. Potonié, beauftragt mit Vorlesungen über Pflanzenpalaeontologie an der Bergakademie. — Nebst Erläuterung mit 30 Textabbildungen.

Grösse der Wandtafel 170×120 cm.

Preis der Wandtafel (nebst Erläuterungsschrift) auf Leinwand gezogen mit Stäben 25 Mk.

Preis eines von Künstlerhand ausgeführten vielfarbigen Abzuges auf Leinwand gezogen mit Stäben 60 Mk.

☛ *„Glückauf" schreibt: „Es wäre lebhaft zu wünschen, dass die schöne, in schwarzer und in vielfarbiger Ausführung vorhandene, von Künstlerhand entworfene Wandtafel auch auf den Steinkohlenbergwerken sich möglichst zahlreichen Eingang verschaffte. Ganz abgesehen von dem wissenschaftlichen Interesse und den belehrenden Zielen des Potonié'schen Werkes lässt sich für Sitzungszimmer, Bureau-Räume, Beamten-Wohnungen usw. kaum ein wirksamerer und passenderer Wandschmuck denken, als diese „Landschaft der Steinkohlenzeit".*

Digitized by Google

Digitized by Google